

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»
Федеральное государственное унитарное предприятие
РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР
Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики

ЦЕНТР ИСПЫТАНИЙ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

Уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц
RA.RU.311769

пр. Мира, д. 37, г. Саров, Нижегородская обл., 607188
Телефон 83130 22224 Факс 83130 22232
E-mail: nio30@olit.vniief.ru

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ЦИ СИ,
главный метролог РФЯЦ-ВНИИЭФ –
начальник НИО



В.К. Дарымов

«23» 11 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ВИБРОСКОРОСТИ ЕСМА Vxx

Методика поверки

МП А3009.0511-2023

г. Саров
2023 г.

Содержание

1	Общие положения.....	3
2	Перечень операций поверки.....	4
3	Требования к условиям проведения поверки	4
4	Требования к специалистам, осуществляющим поверку.....	4
5	Метрологические и технические требования к средствам поверки.....	4
6	Требования по обеспечению безопасности проведения поверки.....	5
7	Внешний осмотр	5
8	Подготовка к поверке и опробование.....	6
9	Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	6
10	Оформление результатов поверки	11
	Приложение А (справочное) Конструктивные особенности датчиков.....	12
	Приложение Б (справочное) Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП.....	13
	Приложение В (справочное) Перечень принятых сокращений	14

1 Общие положения

Настоящая методика поверки (далее по тексту – МП) распространяется на преобразователи виброскорости ЕСМА Vxx.

Преобразователи виброскорости ЕСМА Vxx (далее по тексту – датчик) предназначены для измерений виброскорости.

Датчик представляет собой устройство со встроенным пьезоэлектрическим акселерометром и электронным блоком, осуществляющим измерение, однократное интегрирование и преобразование виброскорости в пропорциональный выходной сигнал:

- напряжения переменного тока от 0 до 5 В для модификаций VIV-XXX;
- напряжения постоянного тока от 0 до 5 В для модификаций VRV-XXX;
- постоянного тока от 4 до 20 мА для модификаций VRC-XXX;
- переменного тока от 4 до 20 мА для модификаций VDC-XXX.

Прослеживаемость при поверке датчиков обеспечивается в соответствии с государственной поверочной схемой, утверждённой приказом Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772 к государственному первичному эталону единиц длины, скорости и ускорения при колебательном движении твёрдого тела ГЭТ 58-2018.

МП устанавливает методику первичной и периодической поверок датчиков методом прямых измерений в соответствии с ГПС, утверждёнными приказами Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772.

Первичной поверке датчики подвергаются при выпуске из производства. Организация и проведение поверки в соответствии с действующими нормативными документами.

МП не предусматривает проверку датчиков в сокращённом объёме.

Конструктивные особенности датчиков приведена в приложении А.

Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП, приведен в приложении Б.

Перечень принятых сокращений приведен в приложении В.

2 Перечень операций поверки

2.1 При проведении поверки, должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

2.2 При получении отрицательного результата какой-либо операции поверки дальнейшая поверка не проводится, и результаты оформляются в соответствии с 10.4.

Таблица 1 – Перечень операций при поверке

Наименование операции	Номер пункта МП	Обязательность проведения при поверке	
		первичной	периодической
Внешний осмотр	7.1	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование	8	Да	Да
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям	9	Да	Да
Проверка номинального значения коэффициента преобразования и отклонения действительного значения от номинального	9.1	Да	Да
Проверка диапазона и основной относительной погрешности измерений виброскорости на базовой частоте 80 Гц	9.2	Да	Да
Проверка диапазона рабочих частот и неравномерности частотной характеристики	9.3	Да	Да
Проверка относительного коэффициента поперечного преобразования	9.4	Да	Нет

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 18 до 25 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа (от 630 до 795 мм рт.ст.);
- напряжение питающей сети от 207 до 253 В;
- частота питающей сети от 49,5 до 50,5 Гц.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускается персонал, изучивший ЭД на акселерометр, данную МП и имеющий опыт работы с оборудованием, перечисленным в таблице 2.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют СИ и оборудование, приведенные в таблице 2.

5.2 Допускается использовать другие СИ и оборудование, обеспечивающие требуемые диапазоны и требуемую точность передачи единиц величин поверяемому СИ.

5.3 Все применяемые СИ должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке и/или зарегистрированы в Федеральном фонде по обеспечению единства измерений.

Таблица 2 – Перечень СИ и оборудования, применяемых при поверке

Наименование СИ	Требуемые характеристики		Рекомендуемый тип	Кол-во	Пункт МП
	Диапазон измерений	Погрешность измерений			
Рабочий эталон 2-го разряда в соответствии с ГПС ¹⁾	от 5 до 2000 Гц, 500 м/с ²	±3,0 %	АТ-9000-Т600 (рег. № 90044-23)	1	
Мультиметр цифровой	от 1 до 25 мА, ±10 В, от 5 до 2000 Гц	±0,1 %	34410А (рег. № 47717-11)	1	8.2, 9.1, 9.2, 9.3, 9.4
Источник питания напряжения постоянного тока	от 9 до 25 В, до 100 мА	±3 %	АКИП-1102 (рег. № 37469-08)	1	
катушка электрического сопротивления	100 Ом	КТ 0,01	Р331 рег. №1162-58	1	
Барометр-анероид контрольный	от 630 до 795 мм рт.ст	±1 мм рт.ст.	М-67 (рег. № 3744-73)	1	8.1.2
Прибор комбинированный	от 30 до 80 %, от 16 °С до 30 °С	±3 %, ±0,5 °С	Testo 610 (53505-13)	1	8.1.2
Мультиметр цифровой	от 207 до 253 В, от 49,5 до 50,5 Гц	±1 %, ±0,1 Гц	34410А (рег. № 47717-11)	1	8.1.2

¹⁾ - приказ Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо руководствоваться «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок».

Меры безопасности при подготовке и проведении измерений должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.0.

6.2 При проведении поверки должны быть выполнены все требования безопасности, указанные в ЭД на датчик и средства поверки.

Все используемое оборудование должно иметь защитное заземление.

7 Внешний осмотр

7.1 При внешнем осмотре необходимо установить:

- соответствие маркировки изделия требованиям ЭД;
- соответствие заводского номера паспортным данным;
- целостность корпуса, состояние посадочных поверхностей (отсутствие вмятин, царапин, задиров, повреждений резьбы);
- отсутствие повреждений соединительных жгутов и разъёмов.

7.2 При наличии вышеуказанных дефектов поверку не проводят до их устранения. Если дефекты устранить невозможно, датчик бракуют.

8 Подготовка к поверке и опробование

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Перед проведением поверки и опробованием подготавливают СИ и оборудование к работе в соответствии с ЭД на них. При колебаниях температур в складских и рабочих помещениях в пределах более 10 °С необходимо выдержать полученный со склада датчик не менее двух часов в нормальных условиях.

8.1.2 Проверяют сведения о результатах поверки применяемых СИ, включённые в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений и/или наличие действующих свидетельств о поверке на СИ, а также соответствие условий поверки разделу 3.

8.2 Опробование

8.2.1 Опробование проводят на установке вибрационной поверочной 2-го разряда. Собирают схему измерений в соответствии с рисунком 1. Датчик устанавливают сверху эталонного вибропреобразователя установки через технологический переходник (при необходимости). Рабочая ось поверяемого датчика должна совпадать с рабочей осью эталонного вибропреобразователя.

Включают и прогревают СИ в соответствии с ЭД на них. Воспроизводят на частоте 80 Гц уровень виброскорости не менее 10 м/с.

Примечания

1 Воздействующие значения виброскорости указаны: амплитудные значения для модификаций VIV-XXX, VDC-XXX; СКЗ для модификаций VRC-XXX и VRV-XXX.

2 Для проверки VIV-XXX поверочная установка должна быть оборудована усилителем, который может работать в режиме преобразования напряжения при работе с датчиками со встроенным согласующим усилителем стандарта IEPЕ (integrated electronic piezoelectric), например, AP5110 (рег. № 57588-14), AP5200 (рег. № 74246-19) и т.д.

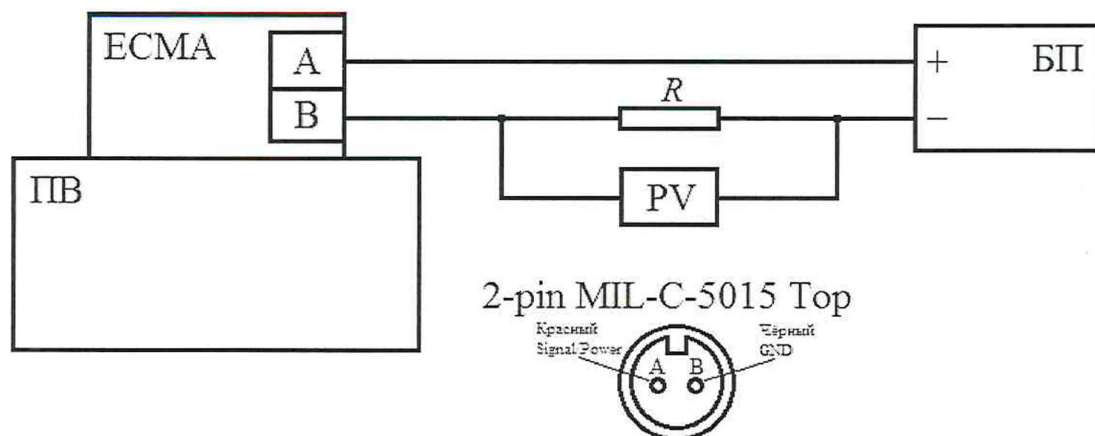
8.2.2 Датчик считают прошедшим проверку с положительным результатом, если уровень выходного сигнала превышает уровень помех не менее чем в 10 раз (20 дБ).

9 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия метрологическим требованиям

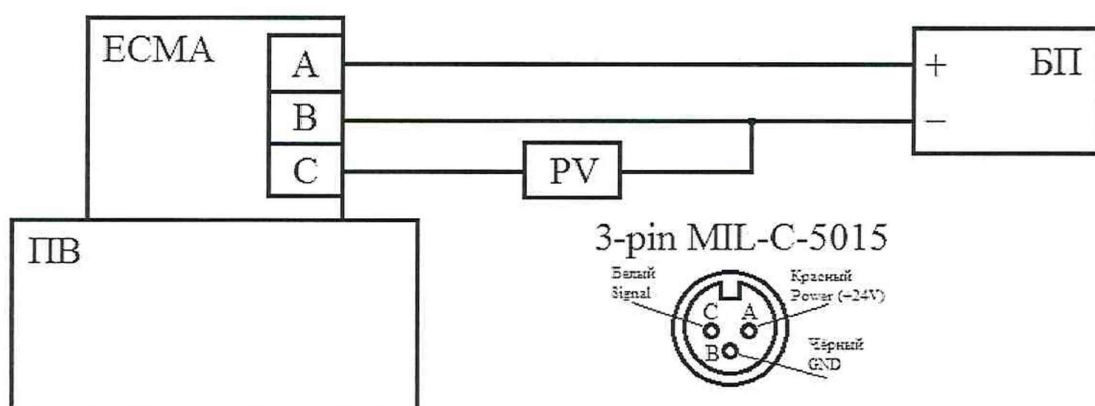
9.1 Проверка номинального значения коэффициента преобразования и отклонения действительного значения от номинального

9.1.1 Собирают схему измерений в соответствии с рисунком 1. Закрепляют датчик на столе виброустановки так, чтобы направление воздействия вибрации совпадало с измерительной осью датчика. Включают и прогревают все СИ в соответствии с ЭД на них.

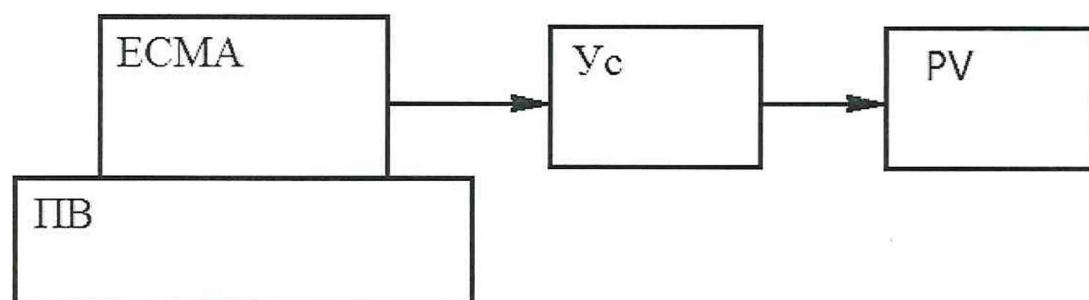
9.1.2 Задают колебания на базовой частоте $(80,0 \pm 0,1)$ Гц с уровнем виброскорости не менее 10 мм/с (рекомендуемое значение $0,5 \cdot V_{\text{макс}}$, где $V_{\text{макс}}$ – максимальное значение диапазона измерений виброскорости, мм/с) и с помощью регистратора PV измеряют выходной сигнал поверяемого датчика.



а) схема измерений для модификаций VRC-XXX, VDC-XXX



б) схема измерений для модификаций VRV-XXX



в) схема измерений для модификаций VIV-XXX

ПВ – поверочная виброустановка;

ЕСМА – преобразователь виброскорости V_{xx} .

R – катушка электрического сопротивления P331, 100 Ом, КТ 0,01;

PV – мультиметр 34410A в режиме измерений:

- напряжения постоянного тока для VRC-XXX VRV-XXX;
- напряжения переменного тока для VDC-XXX, VIV-XXX;

БП – лабораторный источник питания, $(24,0 \pm 0,5)$ В, 100 мА;

Ус – согласующий усилитель стандарта IEPЕ

Рисунок 1– Схема измерений

9.1.3 Коэффициент преобразования K_I , мА/(мм·с⁻¹), для модификации VRC-XXX вычисляют по формуле

$$K_I = \frac{(I_{\text{вых}} - I_0)}{V_{\text{зад}}} = \frac{(I_{\text{вых}} - 4)}{V_{\text{зад}}}, \quad (1)$$

где $I_{\text{вых}}$ – величина силы выходного постоянного тока поверяемого датчика, мА, вычисляется по формуле

$$I_{\text{вых}} = \frac{U}{R}, \quad (2)$$

I_0 – величина силы выходного постоянного тока поверяемого датчика при отсутствии входного воздействия, 4 мА;

$V_{\text{зад}}$ – заданное установкой СКЗ виброскорости, мм/с.

U – измеренное напряжение постоянного тока на резисторе R, мВ;

R – величина сопротивления нагрузочного резистора, Ом.

9.1.4 Коэффициент преобразования K_I , мкА/(мм·с⁻¹), для модификации VDC-XXX вычисляют по формуле

$$K_I = \frac{I_{\text{вых}}}{V_{\text{зад}}} \cdot 10^3, \quad (3)$$

где $I_{\text{вых}}$ – величина силы выходного переменного тока поверяемого датчика, мА, вычисляется по формуле

$$I_{\text{вых}} = \frac{U}{R}, \quad (4)$$

$V_{\text{зад}}$ – заданное установкой СКЗ виброскорости, мм/с;

U – измеренное СКЗ напряжения переменного тока на резисторе R, мВ;

R – величина сопротивления нагрузочного резистора, Ом.

9.1.5 Коэффициент преобразования K_V , мВ/(мм·с⁻¹), для модификации VRV-XXX и VIV-XXX вычисляют по формуле

$$K_V = \frac{U_{\text{вых}}}{V_{\text{зад}}}, \quad (5)$$

где $U_{\text{вых}}$ – измеренное выходное напряжения постоянного тока для VRV-XXX или СКЗ выходного напряжения переменного тока для VIV-XXX, мВ;

$V_{\text{зад}}$ – заданное установкой СКЗ виброскорости, мм/с.

9.1.6 Датчик считают прошедшим поверку с положительным результатом, если отклонение действительного значения коэффициента преобразования от номинального находится в пределах $\pm 5\%$.

9.2 Проверка диапазона и основной относительной погрешности измерений виброскорости на базовой частоте 80 Гц

9.2.1 Собирают схему измерений в соответствии с рисунком 1. Закрепляют датчик на столе виброустановки так, чтобы направление воздействия вибрации совпадало с измерительной осью датчика. Включают и прогревают все СИ в соответствии с ЭД на них.

9.2.2 Измерения проводятся на базовой частоте $(80,0 \pm 0,1)$ Гц при значениях виброскорости $0,1 \cdot V_{\text{макс}}$; $0,2 \cdot V_{\text{макс}}$; $0,4 \cdot V_{\text{макс}}$; $0,5 \cdot V_{\text{макс}}$; $0,9 \cdot V_{\text{макс}}$, где $V_{\text{макс}}$ – максимальное значение диапазона измерений СКЗ виброскорости, мм/с.

На вибростенде задают соответствующую виброскорость и с помощью регистратора РV измеряют выходной сигнал поверяемого датчика.

Примечания

1 Допускается в качестве базовой принимать любую частоту в диапазоне от 40 до 160 Гц.

2 При периодической поверке максимальное значение виброскорости устанавливается исходя из возможностей поверочной виброустановки.

Измеренное значение виброскорости для модификации VRC-XXX вычисляют по формуле

$$V_{\text{изм}} = \frac{(I_{\text{вых}} - 4)}{K_I}, \quad (6)$$

где $I_{\text{вых}}$ – величина выходного тока поверяемого датчика, мА;

K_I – действительное значение коэффициента преобразования датчика по 9.1, мА/(м·с⁻¹).

Измеренное значение виброскорости для модификации VDC-XXX вычисляют по формуле

$$V_{\text{изм}} = \frac{I_{\text{вых}}}{K_I} \cdot 10^3, \quad (7)$$

где $I_{\text{вых}}$ – величина выходного тока поверяемого датчика, мА;

K_I – действительное значение коэффициента преобразования датчика по 9.1, мкА/(мм·с⁻¹).

Измеренное значение виброскорости для модификации VRV-XXX и VIV-XXX вычисляют по формуле

$$V_{\text{изм}} = \frac{U_{\text{вых}}}{K_V}, \quad (8)$$

где $U_{\text{вых}}$ – величина выходного напряжения поверяемого датчика, мВ;

K_V – действительное значение коэффициента преобразования датчика по 9.1, мВ/(мм·с⁻¹).

9.2.3 Основную приведенную к диапазону погрешность измерений виброскорости на базовой частоте δ_V , %, вычисляют по формуле

$$\delta_V = \frac{(V_{\text{изм}} - V_{\text{зад}})}{V_{\text{диап}}} \cdot 100, \quad (9)$$

где $V_{\text{изм}}$ – измеренное датчиком значение виброскорости, мм/с;

$V_{\text{диап}}$ – верхнее значение диапазона измерений виброскорости, мм/с.

9.2.4 Датчик считают прошедшим поверку с положительным результатом, если основная приведенная к диапазону погрешность измерений виброскорости на базовой частоте 80 Гц, находится в пределах ± 5 %.

9.3 Проверка диапазона рабочих частот и неравномерности частотной характеристики

9.3.1 Собирают схему измерений в соответствии с рисунком 1. Закрепляют датчик на столе виброустановки так, чтобы направление воздействия вибрации совпадало с измерительной осью датчика. Включают и прогревают все СИ в соответствии с ЭД на них.

9.3.2 Задают значение виброскорости не менее 10 мм/с (рекомендуемое значение $0,5 \cdot V_{\max}$, где V_{\max} – максимальное значение диапазона измерений виброскорости, мм/с). Уровень виброскорости контролируют по эталонному каналу и поддерживают его постоянным.

При неизменной величине виброскорости, с помощью регистратора PV, измеряют выходной сигнал датчика на частотах:

- 5; 8; 10; 20; 40; 80; 160; 315; 630; 800; 1000 Гц для модификаций VDC-XXX; VRC-XXX; VRV-XXX;

- 5; 8; 10; 20; 40; 80; 160; 315; 630; 800; 1000; 1800; 2000 Гц для модификаций VIV-XXX.

Примечание – На частотах выше 315 Гц величина виброскорости устанавливается исходя из возможностей применяемой поверочной виброустановки.

На каждой частоте вычисляют коэффициент преобразования датчика по 9.1.

Неравномерность частотной характеристики поверяемого датчика γ_i , %, вычисляют по формуле

$$\gamma_i = \frac{K_i - K_{80}}{K_{80}} \cdot 100, \quad (10)$$

где K_i – значение коэффициента преобразования на i -ой частоте;

K_{80} – значение коэффициента преобразования на частоте 80 Гц.

9.3.3 Датчик считают прошедшим поверку с положительным результатом, если неравномерность частотной характеристики относительно значения на базовой частоте 80 Гц находится в пределах $\pm 12,5$ %.

9.4 Проверка относительного коэффициента поперечного преобразования

9.4.1 Собирают схему измерений в соответствии с рисунком 1. Сначала датчик закрепляют на столе виброустановки при помощи специального переходника таким образом, чтобы его ось чувствительности была перпендикулярна действию вибрации. Включают и прогревают все СИ в соответствии с ЭД на них.

Задают виброскорость не менее 10 мм/с (рекомендуемое значение $0,5 \cdot V_{\max}$, где V_{\max} – максимальное значение диапазона измерений виброскорости, мм/с), на базовой частоте $(80,0 \pm 0,1)$ Гц (контроль уровня вибрации проводят по эталонному каналу). Снимают показания выходного сигнала датчика $U_{\text{попер}}$, мВ, при различных положениях датчика, соответствующих его повороту вокруг рабочей оси на 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300, 330, 360°. Определяют максимальное значение. Затем датчик закрепляют таким образом, чтобы его ось чувствительности совпала с направлением действия вибрации. Снимают показания выходного сигнала датчика $U_{\text{осев}}$, мВ, при тех же значениях частоты и СКЗ виброскорости.

Относительный коэффициент поперечного преобразования K_n , %, вычисляют по формуле

$$K_n = \frac{U_{\text{попер.макс.}}}{U_{\text{осевое}}} \cdot 100, \quad (11)$$

где $U_{\text{попер.макс}}$ – максимальное значение выходного напряжения при поперечном воздействии, мВ;

$U_{\text{осевое}}$ – значение напряжения при осевом воздействии, мВ.

9.4.2 Датчик считают прошедшим поверку с положительным результатом, если относительный коэффициент поперечного преобразования не более 5 %.

10 Оформление результатов поверки

10.1 Оформление результатов поверки проводят в соответствии с требованиями системы менеджмента качества организации, проводившей поверку.

Протокол поверки оформляют в произвольной форме.

10.2 Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.3 При положительных результатах поверки при необходимости оформляют свидетельство о поверке.

Пломбирование датчика не предусмотрено.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке и (или) паспорт.

10.4 СИ, не прошедшее поверку, к применению не допускают. На него выдают извещение о непригодности по форме, в соответствии с требованиями системы менеджмента качества организации, проводившей поверку.

Приложение А
(справочное)
Конструктивные особенности датчиков

Датчики имеют модификации VIV-7T, VIV-7S, VIV-7TZ, VIV-7SZ, VIV-6T, VIV-6S, VIV-6TZ, VIV-6SZ, VIV-5T, VIV-5S, VIV-5TZ, VIV-5SZ, VIV-4T, VIV-4S, VDC-4T, VDC-4S, VIV-4TZ, VIV-4SZ, VDC-4TZ, VDC-4SZ, VIV-3T, VIV-3S, VDC-3T, VDC-3S, VRC-3T, VIV-3TZ, VIV-3SZ, VDC-3TZ, VDC-3SZ, VRC-3TZ, VRC-3S, VRV-3T, VRV-3S, VRC-3SZ, VRV-3TZ, VRV-3SZ, VIV-2T, VIV-2S, VDC-2T, VDC-2S, VRC-2T, VRC-2S, VRV-2T, VRV-2S, VIV-2TZ, VIV-2SZ, VDC-2TZ, VDC-2SZ, VRC-2TZ, VRC-2SZ, VRV-2TZ, VRV-2SZ, VDC-1T, VDC-1S, VRC-1T, VRC-1S, VRV-1T, VRV-1S, VDC-1TZ, VDC-1SZ, VRC-1TZ, VRC-1SZ, VRV-1TZ, VRV-1SZ.

Модификации различаются видом выходного сигнала, амплитудным и частотным диапазонами измерений, способом крепления (шпилька 1/4-28” или винт М6), расположением выходного соединителя или встроенного кабеля. Тип выходного разъема – 2-х штырьковый MIL-C-5015 (3-х штырьковый MIL-C-5015 для VRV-XT и VRV-XS).

Структура обозначений датчиков (символы «X» могут отсутствовать):

V	X	X	X	XX	
					код расположения соединителя: T – соединитель сверху; TZ – неразъемный кабель сверху; S – соединитель сбоку; SZ – неразъемный кабель сбоку
					верхняя граница диапазона измерений амплитуды виброскорости: 1 – 12,5 мм/с; 2 – 25 мм/с; 3 – 50 мм/с; 4 – 100 мм/с; 5 – 250 мм/с; 6 – 500 мм/с; 7 – 1250 мм/с
					код выходного сигнала: V – напряжение; C – ток
					код режима работы: R – выходной сигнал пропорционален среднему квадратическому значению (СКЗ) виброскорости; I – IEPЕ выходной сигнал, пропорционален амплитуде виброскорости; D – динамический токовый выходной сигнал, пропорционален амплитуде виброскорости
					код измеряемой физической величины: V – виброскорость

Приложение Б
(справочное)

Перечень документов, на которые даны ссылки в тексте МП

Обозначение документа, на который дана ссылка	Наименование документа, на который дана ссылка
ГОСТ 12.2.007.0-75	ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности
Приказ Росстандарта от 27 декабря 2018 г. № 2772	Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений виброперемещения, виброскорости, виброускорения и углового ускорения
	Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (утверждены приказом Минэнерго РФ от 13.01.2003 г. № 6)
	Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (утверждены приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 15 декабря 2020 г. № 903н)

Приложение В
(справочное)
Перечень принятых сокращений

ГПС – государственная поверочная схема

МП – методика поверки;

СИ – средство(а) измерений;

СКЗ – среднее квадратическое значение;

ЧХ – частотная характеристика;

ЭД – эксплуатационная документация.